



MHP

A PORSCHE COMPANY

bolt_it

Revolutionieren Sie die
Verschraubungen in Ihrer
Produktion!

Inhaltsverzeichnis



Einführung



Die Verschraubungstechnik steht vor großen Herausforderungen



Unser Lösungsansatz mit bolt_it: Sparen Sie bis zu 70 % Ihrer Nach- arbeitskosten ein



Die 5 Module der intelligenten Prozessanalyse im Detail



Praxisbeispiele: Wie zwei deutsche Automobilhersteller Ihren Arbeits- aufwand dank bolt_it signifikant reduzieren konnten



Fazit: Treffen Sie schnellere Entscheidungen durch die intelligente Nutzung von Schraubprozessdaten

Einführung

Die hohen Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen und die steigende Produktvariantenvielfalt stellen die Fertigungsindustrie vor zahlreiche Herausforderungen. In dieser komplexen Umgebung stellt die Verschraubung die wichtigste Verbindungstechnik in der Montage dar. Da Schrauben als zentrale Elemente für das Fügen verschiedener Komponenten dienen, bilden sie das Fundament für einen Großteil der Wertschöpfung in der Produktion.

Mit einer steigenden Variantenvielfalt der Produkte geht jedoch eine zunehmende Diversifizierung der Fertigungsprozesse einher. In der heutigen Produktionslandschaft resultiert dies in einer Vielzahl unterschiedlicher Schraubprozesse, bei denen oft dieselben manuellen Arbeitsschritte wiederholt werden. Diese reichen von der Inbetriebnahme jedes Schraubers über die Optimierung der Einstellungen bis hin zur Analyse von Abweichungen.

Obwohl diese Tätigkeiten softwaregestützt sind, mangelt es sowohl an einer Vernetzung als auch an der intelligenten Datenverarbeitung zwischen den Systemen. Folglich ist es die Aufgabe von Prozessexpert:innen, die zahlreichen Datenquellen manuell zusammenzutragen und zu analysieren, um fundierte Entscheidungen zu treffen. Ein prägnantes Beispiel hierfür ist die Automobilfertigung,

in der in einer einzigen Produktionshalle über 500 Schraubwerkzeuge im Einsatz sind. Für jedes dieser Werkzeuge führen die Mitarbeitenden die Fehlerprüfung und -behebung individuell durch. Bestehende Softwarelösungen zeigen eine fehlerhafte Verschraubung zwar zum Teil mittels Prozesskurven an, doch die eigentliche Auswertung und Analyse obliegt den Expert:innen.

Der immer weiter voranschreitende demografische Wandel sorgt zudem für einen zunehmenden Fachkräftemangel, was sich zusätzlich herausfordernd auf das komplexe Gebiet der Fertigungstechnik auswirkt. Diese Entwicklungen unterstreichen die dringende Notwendigkeit für fortschrittlichere, vernetzte und intelligentere Lösungen in der Produktionsprozessüberwachung und -optimierung.

bolt_it stellt eine revolutionäre Antwort auf diese Problematik dar: überwachen, analysieren und optimieren Sie Ihre Verschraubungsdaten mithilfe unserer KI-basierten Softwarelösung. Erfahren Sie in diesem Whitepaper, wie dieses Tool dazu beiträgt, Ihre Produktqualität und Produktionseffizienz signifikant zu steigern.

Die Verschraubungstechnik steht vor großen Herausforderungen

Bei der Produktion eines Fahrzeugs werden zwischen 400 und 700 sicherheitsrelevante Verschraubungen im Fertigungsabschnitt der Montage durchgeführt, die einer strengen Dokumentation des Schraubprozesses unterliegen. Dieser Dokumentation liegen Qualitäts- und Sicherheitsstandards zugrunde, die gemäß der VDI-Richtlinie 2682 der Produkthaftung gesetzlich vorgeschrieben sind. Für Sie als Hersteller bedeutet dies, dass Sie für die Integrität der von Ihnen auf den Markt gebrachten Produkte verantwortlich sind – einschließlich der Prozessschritte, die Sie an Lieferanten auslagern.

Eine Störung im Produktionsprozess Ihrer Lieferanten hat somit auch Auswirkungen auf Ihre Fertigungsprozesse. Wenn beispielsweise der Härteofen

Ihres Schraubenlieferanten defekt ist, kann dies lange Zeit unbemerkt bleiben. Infolgedessen verbauen Sie für diesen Zeitraum Schrauben, die nicht die erforderliche Festigkeit aufweisen. Der Defekt wird oft erst erkannt, wenn die Schrauben in der Produktion oder im Betrieb versagen.

Entdecken Sie einen solchen Fehler erst sehr spät, können die Konsequenzen für Ihr Unternehmen erheblich sein. Im schlimmsten Fall können mangelhafte Schrauben zu umfangreichen Rückrufaktionen führen, was nicht nur finanzielle Folgen, sondern auch einen immensen Imageverlust für Sie als Hersteller bedeuten kann. Eine frühzeitige Fehlererkennung kann den Schaden dagegen maßgeblich begrenzen oder gar verhindern.



Standardisierte Risikoklassifizierung

Die Komplexität der Verschraubungstechnik lässt sich bereits an der Einteilung der Schrauben in der Qualitätsprüfung erkennen. Schrauben werden einerseits nach dem Risiko unterschieden, das ein Versagen der Schraube nach sich zieht. Andererseits werden sie danach unterteilt, wie gut fehlerhafte Verschraubungen während der Montage identifiziert und verhindert werden können. Daraus ergeben sich drei Kategorien von Schraubfällen, die im Produktionsprozess unterschiedlich behandelt werden:

- **Kategorie A** umfasst Schraubfälle, die bei einem Ausfall ein ernsthaftes Risiko für Menschenleben und die Umwelt darstellen.
- **Kategorie B** bezieht sich auf Schraubfälle, deren Versagen zu einem Funktionsausfall des Produkts führt.
- **Kategorie C** beinhaltet alle Schraubfälle, die kein unmittelbares Risiko bergen. Sie werden auch als „Nicht-A-oder-B-Verschraubung“ bezeichnet.

Um die Integrität der Produkte sicherzustellen, werden die Schraubergebnisse der Kategorie A und B mithilfe von geeigneten Werkzeugen, wie beispielsweise EC-Schraubern, dokumentiert. Darüber hinaus existieren für diese Schraubfälle klar definierte Prozesse für die Nacharbeit und Reparatur entlang des gesamten Produktlebenszyklus. Schraubergebnisse der Kategorie C unterliegen dagegen keiner Dokumentationspflicht. Dennoch werden auch für diese Schraubfälle speziell eingestellte Schraubwerkzeuge verwendet.

Traditionelle Prozesskontrolle und Dokumentation verhindern effektive und effiziente Datennutzung

Zur Überwachung und Dokumentation der kritischen Verschraubungsprozesse werden traditionellerweise EC-Schrauber eingesetzt. Diese erfassen wichtige Daten wie Drehmoment und Drehwinkel und visualisieren Schraubkurven. Auf Basis dieser Daten analysieren Prozessexpert:innen im Bedarfsfall den Verschraubungsprozess, decken Anomalien auf und weisen die Einhaltung der geforderten Sicherheits- und Qualitätsstandards nach.

Zumeist stützt sich dieser Prozess auf eine Reihe von Richtlinien, Erfahrungen aus bekannten Fehlern und dem Wissen der Fachexpert:innen. Dies ist in der aktuellen Berufspraxis mit einem hohen manuellen Aufwand in der Analyse der fehlerhaften Teile und der dadurch entstehenden Nacharbeit verbunden. Das macht die Analyse und Kontrolle der Schraubprozesse in der Montage zu einer komplexen und kostspieligen Aufgabe.

Die traditionellen Systeme zur Überwachung dieser Prozesse funktionieren regelbasiert und klassifizieren die Ergebnisse der Verschraubung in einfache Kategorien wie „OK“ oder „NOK“ (nicht ok). Tritt ein Fehler innerhalb der definierten Regeln auf, wird dabei jedoch keine Regel verletzt, erfolgt eine Klassifikation als „OK“, in Realität ist es jedoch ein Fehler. Dies bezeichnet man dann als „Pseudo-OK“, was zu einem erhöhten Bedarf an Nacharbeit führt. Die Analyse der Schraubkurven zur Ermittlung von Anomalien erfolgt zudem meist retrospektiv. Folglich werden neue Fehlermuster und somit unbekannte Fehler in der Verschraubung oft erst spät entdeckt.

Prozesskontrolle basierend auf Richtlinien, Expertenwissen und bekannten Fehlern - das Aufspüren von Anomalien kann schwierig und kostspielig sein

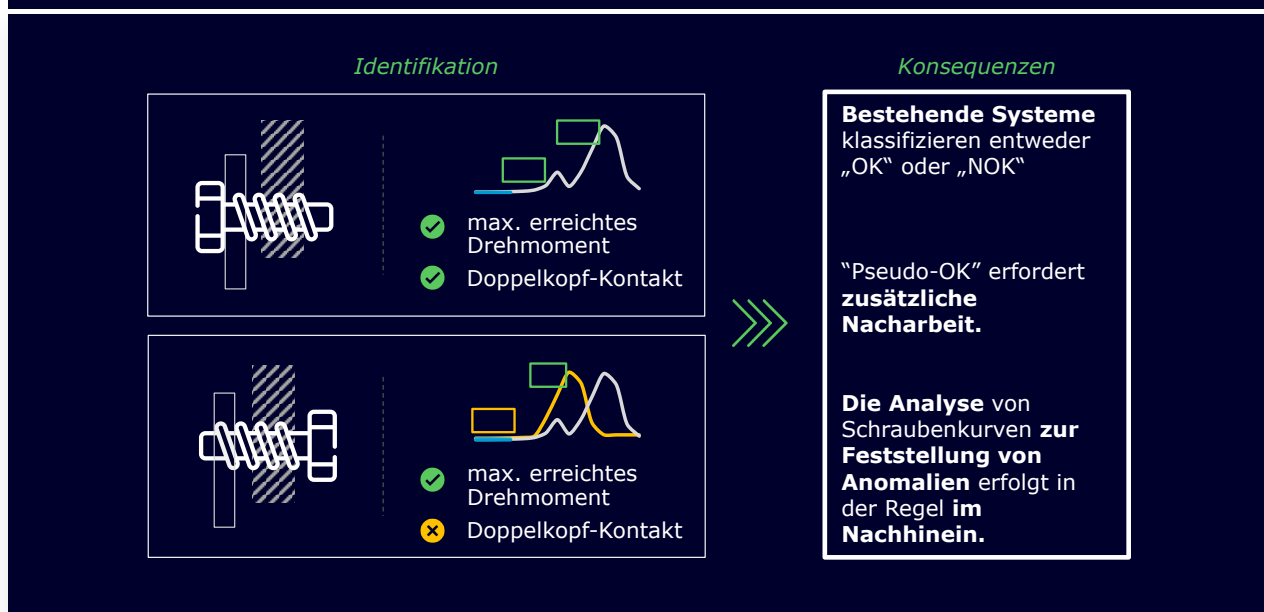


Abbildung 1: Eingeschränkte Anomalieerkennung mit regelbasierten Überwachungssystemen

Häufig findet kein systematischer Wissenstransfer statt, der ähnliche Probleme in der Zukunft verhindern könnte. Grund dafür sind die aktuellen Regelsysteme. Diese sind darauf ausgerichtet, sicherzustellen, dass die Einzelereignisse innerhalb der Spezifikationen liegen. Auf diese Weise bieten sie nur eine isolierte Betrachtung der Prozessergebnisse, die sich auf einfache, statistische Analysen beschränkt. Die Regelsysteme scheitern jedoch daran, die einzelnen Ereignisse in Beziehung zu setzen und zu beurteilen, ob ein Ergebnis tatsächlich noch innerhalb der akzeptablen Grenzen liegt. Aus der Fehlerbehebung entstehen somit keine Lerneffekte, die unmittelbar übertragen werden können.

Das grundlegende Problem in der Fertigung besteht demnach darin, dass Ihre Daten oft ungenutzt in umfangreichen Datenbanken lagern und manuell durchsucht werden müssen. Wir zeigen Ihnen, wie Sie Ihre Prozessdaten mithilfe von **bolt_it** effektiv nutzen, um die Qualität und Effizienz Ihrer Produktion zu verbessern.



Unser Lösungsansatz mit bolt_it: Sparen Sie bis zu 70 % Ihrer Nacharbeitskosten ein

Um die umfassenden Herausforderungen der industriellen Verschraubung zu bewältigen, haben wir von MHP **bolt_it** entwickelt: Eine KI-basierte Softwarelösung, die darauf abzielt, das verborgene Potenzial in den Daten Ihrer Verschraubungsprozesse zu erkennen.

bolt_it setzt an, wo andere Softwarelösungen an ihre Grenzen stoßen. Es ist die erste Lösung ihrer Art, die einen herstellerunabhängigen und auf Ihre spezifischen Bedürfnisse zugeschnittenen Überblick über Verschraubungsprozessdaten bietet. So schafft das Tool einen geschlossenen Wirkungskreislauf und behält dabei trotzdem den Menschen im Zentrum (Human-in-the-loop).

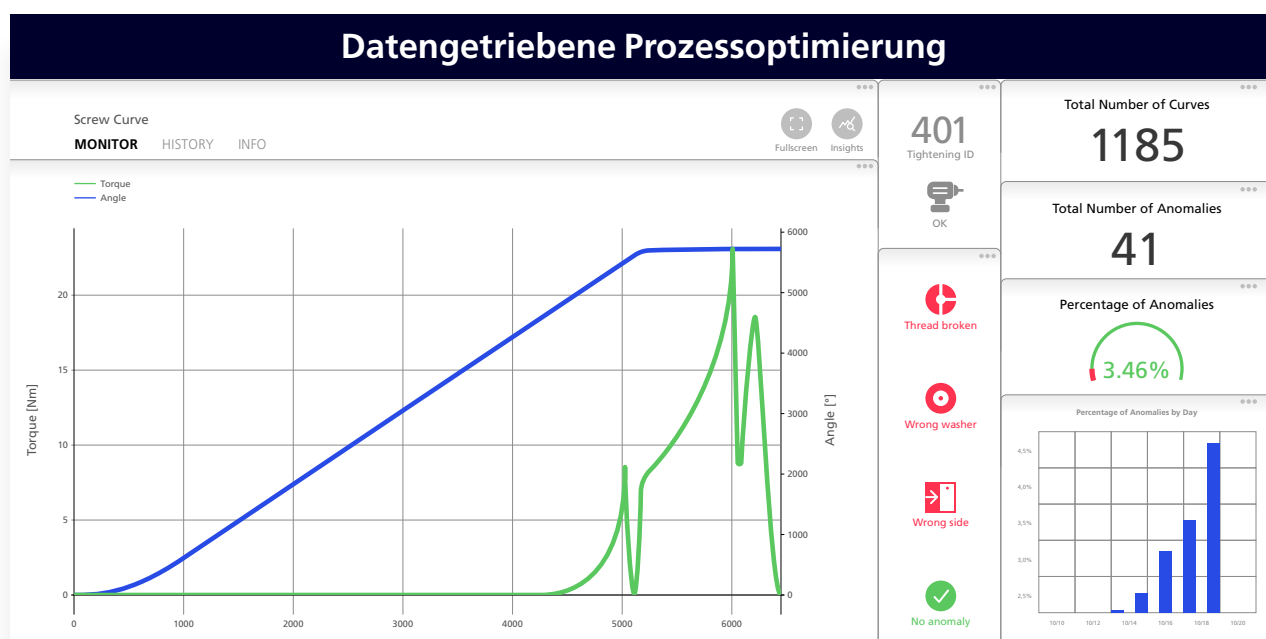


Abbildung 2: Dashboard von bolt_it zur Visualisierung der relevanten KPI des Schraubprozesses

Intelligente Analyse und Optimierung von Verschraubungsdaten

Überlassen Sie die Überwachung und Analyse Ihrer Schraubprozessdaten **bolt_it**. Unsere Software ist in der Lage, auf Basis vorhandener Prozessdaten Abweichungen in Verschraubungsprozessen mithilfe von KI-Modellen zu erkennen und diese zu visualisieren. Auf diese Weise können Sie Qualitätsprobleme frühzeitig aufdecken und Gegenmaßnahmen einleiten. Basierend auf den Analyseergebnissen liefert **bolt_it** konkrete Optimierungsempfehlungen für Ihre Prozessparameter.

So identifiziert **bolt_it** beispielsweise unzureichende Lochüberdeckungen, bei denen zu viel Drehmoment in der Verformung der Bauteile verloren geht und somit die Vorspannkraft reduziert wird. Auch verunreinigte oder fehlerhafte Bauteile, die entweder eine Schwächung durch zu viel Drehmoment oder eine unzureichende Vorspannkraft durch zu wenig Drehmoment verursachen, erkennt **bolt_it** zuverlässig. Selbst durch Temperaturschwankungen verursachte Prozessabweichungen deckt die Software mühelos auf. So reduzieren Sie die erforderliche Nacharbeit erheblich und können Ihre schraubprozessinduzierten Nacharbeitungskosten um bis zu 70 % senken.

Beispiel für Einsparungen mit **bolt_it**

	ohne bolt_it	mit bolt_it
Produzierte Einheiten pro Stunde	30 Stk.	
Zeit bis zur Entdeckung der Abweichung	30 min	5 min
„Potenziell fehlerhafte“ Einheiten	15 Stk.	3 Stk.
Notwendige Nacharbeit je Einheit	5 min	
Gesamte Nacharbeitsaufwände	75 min	13 min
Einsparung Nacharbeitungskosten	83 %	

Tabelle 1: Mögliche Einsparungen mit **bolt_it** anhand typischer Nacharbeit in der Automobilfertigung

Nutzen Sie die Zeit Ihrer Expert:innen effektiv und effizient

Sobald Sie **bolt_it** implementiert haben, unterstützt Sie die KI bei repetitiven Aufgaben, die bisher einen Großteil der Zeit Ihrer Prozessexpert:innen in Anspruch genommen hat. Dies gibt Ihren Expert:innen mehr Freiraum für Aufgaben, die unmittelbar zur Wertschöpfung beitragen. Darüber hinaus sind Sie dank dieser Software schneller in der Lage, auf Qualitätsthemen zu reagieren. So reduzieren Sie nicht nur Ihre

Nacharbeitszeit und -kosten, sondern minimieren auch notwendige Produktrückrufe. **bolt_it** kann eine Vielzahl von Prozessergebnissen effizient auswerten und datenbasierte Empfehlungen liefern. Dennoch verhindert das Tool nicht, dass mitunter Fehler auftreten. Unsere Softwarelösung ermöglicht es Ihnen jedoch, diese Fehler frühzeitig zu erkennen und zu beheben.

Variabilität und Skalierbarkeit für schnellere Entscheidungen

Dank **bolt_it** benötigen Sie nicht länger je Schraubwerkzeug eine separate Softwarelösung. Unser Tool fasst die Daten Ihres gesamten Schraubprozesses in einer Anwendung zusammen und ist mit allen gängigen Industrieschraubern kompatibel.

bolt_it unterstützt Sie mithilfe von Optimierungsvorschlägen dabei, Ihre Entscheidungsprozesse zu

verbessern und zu beschleunigen. Auf diese Weise können Sie den Stundenbedarf pro Einheit (HPU) reduzieren. Obwohl **bolt_it** den Arbeitsaufwand für die Erstproduktion eines fehlerfreien Produkts nicht direkt verringern kann, ermöglicht es Ihnen, die nachgelagerten Kosten durch eine schnellere Entscheidungsfindung und effektivere Produktion zu senken.

Wissenstransfer in Echtzeit mittels cloud-basierter Technologie

Mithilfe cloud-basierter Technologie analysiert **bolt_it** Ihre Schraubdaten nicht nur präzise. Die Software übermittelt die Analyseergebnisse auch direkt an Ihre zuständigen Qualitätsingenieur:innen, Prozessexpert:innen und Mitarbeitenden an der Produktionslinie. Dafür werden die Daten direkt in die Cloud geschickt, woraufhin die KI jede einzelne Verschraubung prüft. Anschließend analysiert **bolt_it** die Daten in Echtzeit oder auf

Anfrage – abhängig vom spezifischen Anwendungsfall und den eingesetzten Software-Modulen. Die Ergebnisse dieser Analysen werden dann an die von Ihnen definierten Personen innerhalb der Produktionskette weitergeleitet, um eine nahtlose Integration der Erkenntnisse in den Produktionsprozess zu gewährleisten.

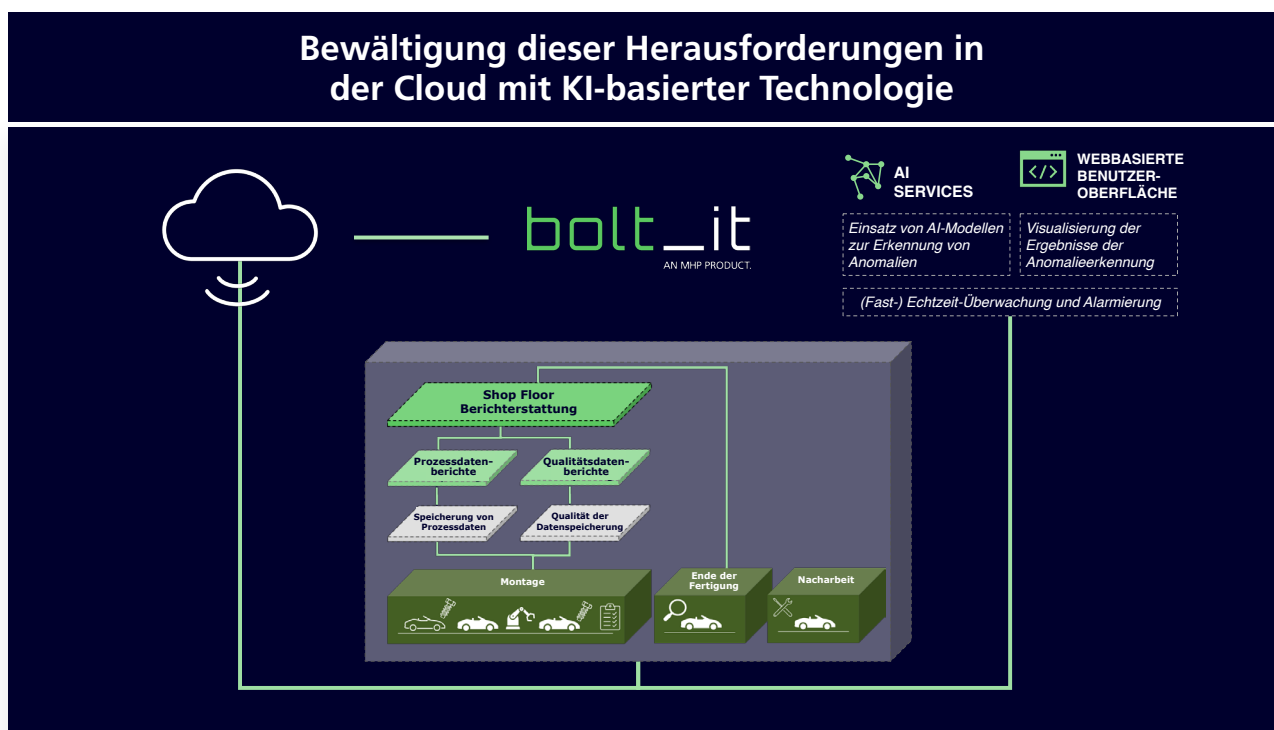


Abbildung 3: Cloud-basierte Technologie für einen lückenlosen Wissenstransfer

Die 5 Module der intelligenten Prozessanalyse im Detail

Für eine maximale Flexibilität umfasst **bolt_it** fünf Software-Module, die Sie je nach Bedarf unabhängig voneinander einsetzen und für Ihr spezifisches Einsatzgebiet konfigurieren können. Den größten Nutzen erzielen Sie jedoch durch die Implementierung des vollständigen Software-Paketes.

Analysis

Das Analysis-Modul analysiert Ihre historischen Prozessdaten und leitet daraus Rückschlüsse für potenzielle Anomalien ab. Auf diese Weise können Sie schneller im Fall einer möglichen Rückrufaktion auf mögliche Ursachen eingehen und die Reaktionszeit signifikant verringern. Zusätzlich gewinnen Sie anhand früherer Schraubdaten wertvolle Einsichten für die Optimierung Ihres Produktionsprozesses sowie die Entwicklung neuer Produkte.

Anomaly

Im Vergleich zum Analysis-Modul nutzt das Anomaly-Modul Ihre aktuellen Live-Prozessdaten für die Anomalie-Erkennung. Das befähigt Sie dazu, auch auf unbekannte Probleme in der Produktion schnell zu reagieren. Somit beugen Sie möglichen Rückrufaktionen vor.

Optimum

Auf Basis der analysierten Schraubprozessdaten liefert das Optimum-Modul Ihnen Empfehlungen für optimierte Prozessparameter. Diese umfassen beispielsweise festgelegte Toleranzgrenzen und Umschaltpunkte, mit denen Sie die Effizienz Ihrer Produktion steigern können. Durch die Automatisierung dieses bisher manuellen Prozesses trägt **bolt_it** maßgeblich dazu bei, den Arbeitsaufwand Ihrer Prozessexpert:innen zu reduzieren und Ihre Prozessqualität zu verbessern.



Classify

Das Classify-Modul hilft Ihnen dabei, Fehler und Anomalien in der Verschraubung zu klassifizieren. Außerdem schlägt es Ihnen darauf abgestimmte Maßnahmen zur Problembehebung vor.

Sobald es Anzeichen für eine Störung gibt, schickt das System eine Meldung an Ihre zuständigen Mitarbeitenden. Darüber hinaus ermittelt **bolt_it** die mögliche Ursache des Problems und gibt Ihnen Empfehlungen für die Nacharbeit. Natürlich stellt nicht jede Anomalie einen schwerwiegenden Fehler dar, weshalb die Anomalien in unterschiedliche Kategorien klassifiziert werden, wie beispielsweise:

- **„Info“:** Wiederholtes Rattern eines Bits – nicht kritisch, aber sollte überprüft werden
- **„Meldung“:** Eingeklemmtes Bauteil – kann ggf. Auswirkungen auf die Vorspannkraft haben, sollte umgehend behoben werden
- **„Warnung“:** Abfallender Gradient am Endanzug – Beschädigung der Schraube kann zu Versagen und somit zu einem Produkthaftungsfall führen, sofortiges Handeln erforderlich

Diese Meldungen brauchen Sie anschließend lediglich zu bestätigen oder zu widerlegen, wodurch die KI stetig dazulernt und akkuratere Diagnosen liefert. So reduzieren Sie nicht nur Ihren manuellen Arbeitsaufwand, sondern können auch Ihre Nacharbeitszeit erheblich reduzieren.

Quality

Das Quality-Modul führt in Kombination mit dem Anomaly-Modul eine Trendanalyse für Sie durch, um systematische Abweichungen im Prozess zu überwachen. Mithilfe dieses Moduls können Sie Ihre stichprobenbasierte Qualitätsprüfung optimieren. **bolt_it** hilft Ihnen dabei, Ihren manuellen Aufwand signifikant zu reduzieren und trägt so zur kontinuierlichen Verbesserung Ihres Produktionsprozesses bei.

Praxisbeispiele:

Wie zwei deutsche Automobilhersteller Ihren Arbeitsaufwand dank bolt_it signifikant reduzieren konnten



bolt_it hat sich bereits in der Montagelinie eines Produktionswerks von einem deutschen Automobilherstellers bewährt. Hier konnte die KI-basierte Anomalie-Erkennung von **bolt_it** im Vergleich zur manuellen Analyse durch Prozessexpert:innen voll überzeugen. Es zeigte sich, dass 24 % der als in Ordnung befundenen Kurven tatsächlich Anomalien aufwiesen, die ein Frühwarnsystem auslösen könnten – mehr als 90 % dieser Anomalien wurden durch den von MHP entwickelten Algorithmus erkannt.

Der Mehrwert, den **bolt_it** für die Produktionslinien bietet, ist beträchtlich. Schätzungen von Industrieexpert:innen zufolge können Sie Ihren manuellen Aufwand sowie die Nacharbeitszeit dank der standardisierten Analyse, Auswertung und Optimierung um circa 90 Minuten pro Woche reduzieren. Dies führt wiederum dazu, dass Sie in derselben Zeit mehr Produkte fertigen können. Laut Expert:innen können Sie Ihre jährliche Produktionskapazität auf diese Weise um etwa ein bis zwei Prozent steigern.

Im Rahmen eines Projekts bei einem deutschen Automobilherstellers erzielte **bolt_it** zudem eine siebenmal höhere Erkennungsrate von Prozessanomalien. Die Effekte dieser höheren Fehlererkennung werden auf bis zu 70% Reduzierung der schraubprozessinduzierten Nacharbeit geschätzt.

Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass das volle Potenzial von **bolt_it** erst nach einer Lernphase entfaltet wird. Sobald das System in der Lage ist, erste Fehler unmittelbar zu melden und durch die Fehlerklassifizierung schnelle und zielgerichtete Vorschläge für Korrekturmaßnahmen zu liefern, können Sie und Ihre Mitarbeitenden effektiver agieren.

Fazit:

Treffen Sie schnellere Entscheidungen durch die intelligente Nutzung von Schraubprozessdaten

bolt_it ist eine umfassende, intelligente und performante Lösung, die Ihre Schraubprozesse auf ein neues Level hebt. Spüren Sie mit dieser Software die wahre Quelle Ihrer Produktionsfehler auf.

Mithilfe dieser KI-basierten One-Stop-Shop-Lösung können Sie schneller die richtigen Entscheidungen für Prozessoptimierungen und Fehlerbeseitigungen treffen. So verringern Sie schon im Vorfeld kostenintensive und aufwändige Nacharbeiten oder Rückrufe und steigern Ihre Produktionseffizienz und Produktqualität nachhaltig.

Für weitere Informationen über **bolt_it** und dessen Potenzial, Ihre Schraubprozesse zu verbessern, stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung. Zögern Sie nicht, sich mit uns in Verbindung zu setzen! Gemeinsam besprechen wir, wie **bolt_it** Ihr Unternehmen, abgestimmt auf Ihre individuellen Bedürfnisse, voranbringen kann.



Mit **bolt_it** haben wir eine Lösung geschaffen, die erhebliche Kosten- und Zeitersparnisse mit sich bringt. Unsere Kunden profitieren von einer unmittelbaren Reduktion der Betriebskosten, während gleichzeitig die Effizienz ihrer Prozesse signifikant gesteigert wird.

Dr. Jochen Mall,
Produktmanager bei MHP

Herausgeber:

MHP Management- und IT-Beratung GmbH

ENABLING YOU TO SHAPE A BETTER TOMORROW

Als Technologie- und Businesspartner digitalisiert MHP die Prozesse und Produkte seiner Kunden und begleitet sie bei ihren IT-Transformationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Als Digitalisierungspionier in den Sektoren Mobility und Manufacturing überträgt MHP seine Expertise in unterschiedlichste Branchen und ist ein Premium-Partner für Thought Leader auf dem Weg in ein besseres Morgen. Weltweit betreut MHP über 300 Kunden. Darunter führende Konzerne, innovative Mittelständler und disruptive Start-Ups. MHP berät sowohl operativ als auch

strategisch und liefert ausgewiesene IT- und Technologie-Expertise sowie spezifisches Branchen-Know-how. Die Unternehmensberatung agiert international, mit Hauptsitz in Deutschland und Tochtergesellschaften in den USA, Großbritannien, Rumänien und China. Seit über 27 Jahren gestaltet MHP gemeinsam mit seinen Kunden die Zukunft. Über 4.000 MHPlerinnen und MHPler vereint der Anspruch nach Exzellenz und nachhaltigem Erfolg. Dieser Anspruch treibt MHP weiter an – heute und in Zukunft.

MHP: DRIVEN BY EXCELLENCE.

Autor



Dr. - Ing. Jochen Mall
Produktmanager

jochen.mall@mhp.com

Ansprechpartner



Marcel Heckner
Sales Director

marcel.heckner@mhp.com
+49 7141 78562 8077

Bildverzeichnis

Cover	Gorodenkoff © Adobe Stock
6	pressmaster © Adobe Stock
10	Martin © Adobe Stock
12	NVB Stocker © Adobe Stock
14	© MHP